Client	Stack
Project No.	
Date	13.03.2026
Revision	P02
Reference	

Firmato digitalmente da:
ROBERTO CEREDA
Data: 30/03/2026 10:46:49

MIL09

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

13 MARCH 2026

SOMMARIO

1. PREMESSA 3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5
3. DESCRIZIONE PROGETTUALE 6
4. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA 7
5. DETERMINAZIONE DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA 10
6. PORTATE MASSIME SCARICABILI 11
7. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO 13
8. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI 16
9. CALCOLO PROCESSO DI LAMINAZIONE 19
10. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA 21
11. TEMPO DI SVUOTAMENTO 22
12. DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA 22
13. CRITERI PROGETTUALI RETI FOGNARIE 24
14. PIANO DI MANUTENZIONE 27

ALLEGATI

ALLEGATO A "Calcoli invarianza idraulica"

ALLEGATO E "Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento"

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di MIL09A, un edificio a destinazione DATA CENTER, sito in Comune di Melzo.

Figura 1: Masterplan dell'area

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.
Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R 3/2025 di Regione Lombardia: disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica con modifiche del R.R. 7/2017 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.
Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici e le verifiche effettuate.
Il Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 e il successivo aggiornamento, il Regolamento regionale 28 marzo 2025 n.3 contengono "criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza

idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio)".

Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate massime di afflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera a) della l.r. 12/2005.

Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate che i volumi di afflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono essere maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera b) della l.r. 12/2005.

In particolare, con tale Regolamento, la Regione Lombardia definisce:

- Gli interventi edilizi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- Gli ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- Il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;
- La classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e le modalità di calcolo;
- Le indicazioni tecniche costruttive e degli esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- La possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato realizzato in conformità da quanto previsto dalle vigenti normative, di seguito elencate:

- Regolamento regionale 28 marzo 2025, n.3 "*Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n.7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio)"*

- Regolamento regionale 29 marzo 2019, n.6 "*Disciplina e regimi amministrativi degli scarichi di acque reflue domestiche e di acque reflue urbane, disciplina dei controlli degli scarichi e delle modalità di approvazione dei progetti degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane*"

- Regolamento regionale 23 novembre 2017, n.7 "*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio)"*

- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.4 "*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'Art.52, comma1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n.26"*

3. DESCRIZIONE PROGETTUALE

La superficie fondiaria sulla quale si sviluppa l'intervento è pari a 58027 m². Il lotto attualmente è caratterizzato da aree urbanizzate caratterizzate dalla presenza di un edificio industriale. L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un edificio principale, di varie pertinenze (cabina elettrica, riserva idrica e stazione antincendio, centrale di trasformazione, piazzali), di un parcheggio, della viabilità. L'area di intervento avrà una superficie impermeabilizzata pari a circa 45827 m².

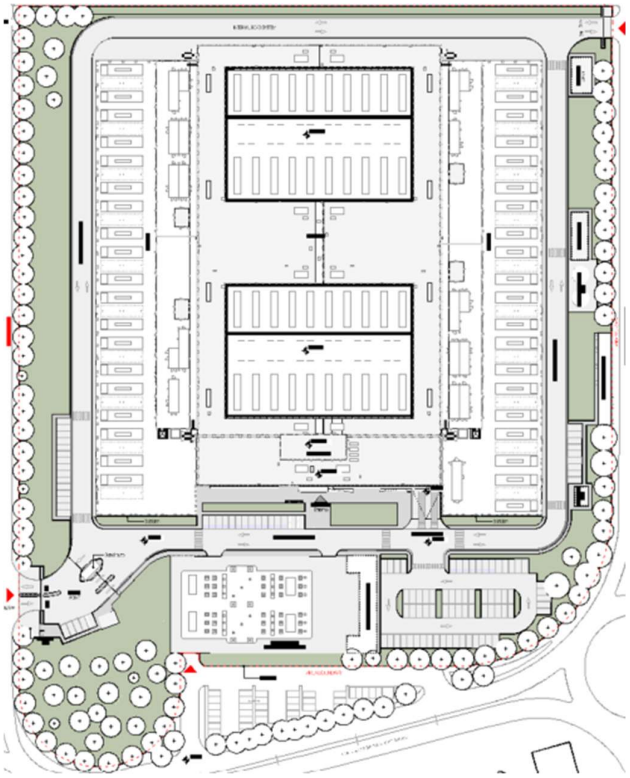
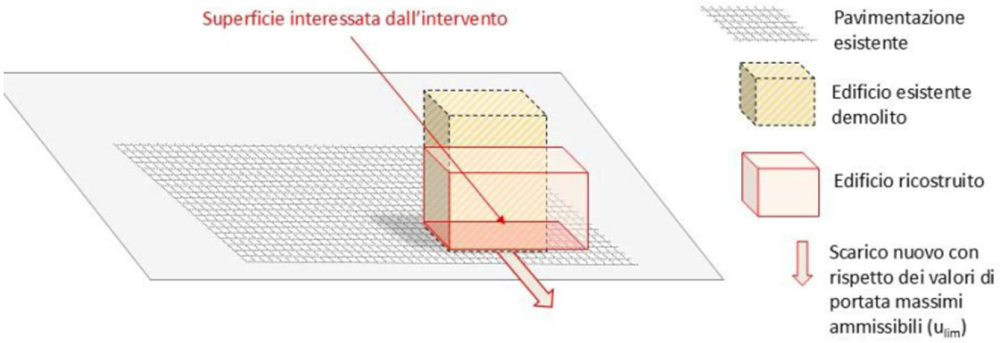


Figura 2: Area di intervento

È prevista la realizzazione di una rete di raccolta delle acque di scarico che sarà di tipo separato: la rete per le acque nere e la rete relativa alle acque di prima pioggia, previo trattamento, convoglierà le acque nella fognatura pubblica a sud-ovest del fabbricato, mentre la rete delle acque meteoriche convoglierà le acque in quattro vasche di laminazione e successivamente a un recapito esistente esterno al lotto, il Torrente Molgora, sito a est del fabbricato.
L'intervento preso in esame, in base al Testo Coordinato del Regolamento del 23/11/2007 n. 7 di Regione Lombardia e al Regolamento regionale 28/03/2025 n. 3 ricade tra gli interventi assoggettati al rispetto dei requisiti di invarianza, descritti nell'art. 3 della Norma: "interventi di ricostruzione

edilizia con demolizione totale almeno fino alla quota più bassa del piano campagna (art. 3, comma 1, d)".

1. *Interventi di **ristrutturazione edilizia** [articolo 3, comma 1, lettera d) del d.p.r. 380/2001] se consistono nella **demolizione totale**, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento dell'indice di copertura preesistente.*



Superficie area permeabile pre-intervento = 58027 m²
Superficie area impermeabile pre-intervento = 0 m²
Superficie area permeabile post-intervento = 12200 m²
Superficie area impermeabile post-intervento = 45827 m².

4. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA

4.1. Permeabilità

Sul sito sono state condotte delle prove di permeabilità dallo studio Georem per verificare la possibilità dello smaltimento delle acque meteoriche tramite infiltrazione. Nell'immagine sottostante sono individuate nella planimetria di seguito riportata

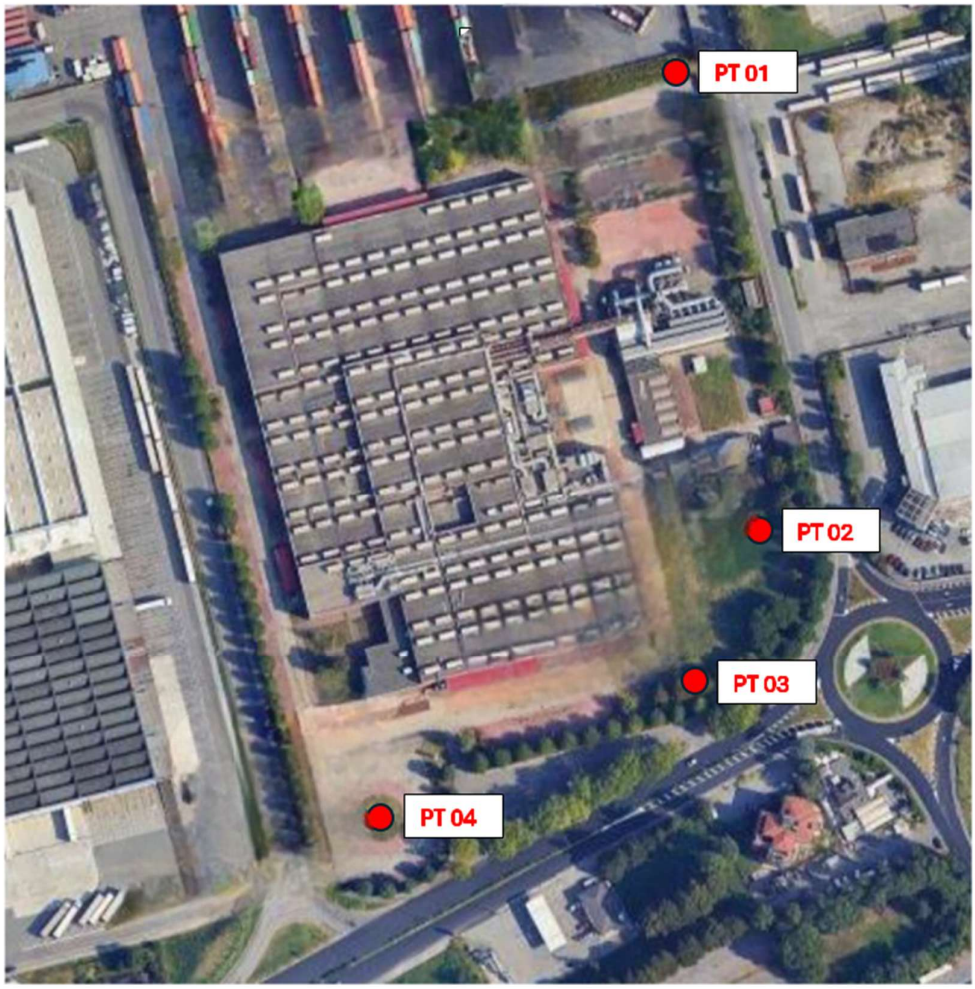


Figura 3: Ubicazione indagini

I risultati hanno evidenziato i seguenti valori:

Pozzetto	Profondità [m]	k [cm/s]
PT01	2	4,70E-06
	3	3,80E-06
PT02	2	4,44E-06
	3	8,11E-07
PT03	2	1,92E-06
	3	1,25E-06
PT04	2	1,29E-04
	3	1,40E-06

In favore di sicurezza, si ritiene possibile caratterizzare l'area di indagine con un valore di conducibilità idraulica pari a 8,11E-07 cm/s (pari a 8,11E-09 m/s). Esso è associato a terreni limoso argillosi, contraddistinti da permeabilità riconducibile a terreni praticamente impermeabili.

<table>
<tr><td>K (m/s)</td><td colspan="5">10 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11}</td></tr>
<tr><td>DRENAGGIO</td><td colspan="3">BUONO</td><td>POVERO</td><td>TERRENI PRATICAMENTE IMPERMEABILI</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">Ghiaia pulita</td><td rowspan="2">Sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita</td><td rowspan="2">Sabbia fina, limi organici ed inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati</td><td rowspan="2">Terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici</td></tr>
<tr><td>Terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo</td></tr>
</table>

4.2. Piano di Gestione Rischio Alluvioni

Secondo quanto riportato nella Revisione 2022 della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, l'area interessata ricade all'interno della classe di pericolosità idrogeologica poco frequente.

Figura 4: Mappa di pericolosità PGRA

5. DETERMINAZIONE DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA

La determinazione delle misure di invarianza idraulica e idrologica viene definita in base ai seguenti parametri:

- ambito territoriale
- superficie interessata dall'intervento
- coefficiente di deflusso medio ponderale

Questi parametri concorrono a determinare la classe di intervento in cui ricade il caso preso in esame, determinando le modalità di calcolo necessarie.

Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire, con limitazione di portata, secondo un particolare ordine di priorità, tra cui:

a) infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale;

b) scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale;

c) scarico in fognatura.

Nel caso in esame, verrà previsto lo smaltimento delle acque meteoriche con scarico in un recapito esistente, Torrente Molgora.

5.1. Ambito territoriale

Con riferimento all'art. 7, comma 2 della Norma, sul territorio lombardo i limiti di scarico devono essere diversificati in funzione delle caratteristiche dell'area presa in considerazione. Nell'Allegato C della Norma sono elencati i Comuni in base alla criticità idraulica dei bacini e dei corsi d'acqua presenti sul loro territorio di competenza. Essi vengono suddivisi in tre categorie in funzione del livello di criticità.
Il Comune di Melzo è inserito nell'area A, che denota un grado di alta criticità idraulica, alla quale corrisponde una portata meteorica scaricabile nei corpi ricettori ammissibile pari 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

5.2. Superficie interessata dall'intervento

La superficie di intervento è pari a:
Superficie intervento A= 58027 m², comprendente:

- Superfici impermeabili (coperture e strade) A1= 44097,5 m²;
- Superficie semipermeabile (marciapiedi) A2= 1730 m^2;
- Superficie a verde A3= 12200 m^2.

5.3. Coefficiente di deflusso medio ponderale

Con riferimento all'art. 11, comma 2 della Norma, il coefficiente di deflusso medio ponderale determina l'approccio al calcolo in ragione dei coefficienti di deflusso per tipologia di superficie, definiti dai seguenti parametri:

- 1,0 per aree impermeabili
- 0,7 per aree semi-permeabili
- 0,3 per aree permeabili

Il coefficiente di deflusso medio ponderale è stato ottenuto mediante la seguente formula:

$$\varphi_m = (A1 \cdot \varphi_1 + A2 \cdot \varphi_2 + A3 \cdot \varphi_3) / Atot$$

Considerando la suddivisione delle superfici precedenti in riferimento alle aree di influenza relative a ciascuna vasca di laminazione in progetto, si possono ottenere i seguenti dati:

- VASCA EST: A_{tot}=4491 m^2, φ_m =0,82;
- VASCA NORD-OVEST: A_{tot}=14349 m2, φ_m =0,77;
- VASCA SUD-OVEST: A_{tot}=18642m2, φ_m =0,86;
- VASCA SUD: A_{tot}=20545 m2, φ_m =0,89.

6. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili la normativa prevede il seguente valore:

$$Q_{umax} = u_{lim} \cdot \varphi_m \cdot A$$

Dove:

- Q_{umax} *[l/s]*: portata massima in uscita dall'invaso
- *A [ha]*: area totale dell'intervento
- φ_m *[-]*: coefficiente di afflusso medio ponderale
- u_{lim} *[l/(s · ha$_{imp}$)]*: portata massima scaricabile specifica per unità d'area impermeabile

I valori massimi scaricabili ammissibili definiti dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 per ciascun ambito sono:

- Aree A: u_{lim} = 10 [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B: u_{lim} = 20 [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C: u_{lim} = 20 [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

Nel caso specifico, in riferimento ai valori massimi scaricabili nell'area A (alta criticità idraulica) della normativa, si ottiene:

- Vasca Est: Q_{umax} =3,69 l/s;
- Vasca Nord-Ovest: Q_{umax} =10,98 l/s;
- Vasca Sud-Ovest: Q_{umax} =15,96 l/s;
- Vasca Sud: Q_{umax} =18,34l/s.

6.1. Classe di intervento

Con riferimento alla Tabella 1 della Norma, i dati sopra elencati concorrono a determinare una classe di intervento pari a **3: impermeabilizzazione potenziale alta**. Questa classe di intervento impone una modalità di calcolo dell'invarianza idraulica e idrologica mediante **procedura dettagliata**, descritta nell'art. 11 della Norma.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

7. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.
A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).
Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia.
Facendo riferimento a quanto riportato nell'art. 11, comma 2 e nell'allegato G del Regolamento, il calcolo delle precipitazioni di progetto è determinato mediante parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica.
Il tempo di ritorno da adottare per un dimensionamento delle opere di laminazione è di T = 50 anni, garantendo un adeguato grado di sicurezza delle stesse con T= 100 anni.
L'allegato G della Norma illustra le formule necessarie al calcolo delle precipitazioni di progetto:

$$hT = a_1 \cdot w_T \cdot D_n$$

Dove:

- h [mm]: altezza di pioggia
- a1 [mm/oran]: coefficiente pluviometrico orario
- D [ore]: durata di pioggia
- n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
- wT [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

Quest'ultimo coefficiente è a sua volta calcolato mediante la formula:

$$W_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{\kappa} \cdot \left[1 - \left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k\right]$$

con ε, α, k parametri delle leggi probabilistiche adottate (parametri della legge probabilistica GEV).

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.
In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a n = 0,5.
Per quanto attiene i parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia.
I parametri caratteristici delle curve pluviometriche sono quelli riportati da ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale, e si possono evincere dal foglio di calcolo fornito da ARPA Lombardia nella figura sottostante.

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: MELZO
Coordinate: .....

Linea segnalatrice
Tempo di ritorno (anni) 100

Parametri ricavati da: http://idro.arpalombardia.it
A1 - Coefficente pluviometrico orario 29.61
N - Coefficente di scala 0.291
GEV - parametro alpha 0.2928
GEV - parametro kappa -0.0383
GEV - parametro epsilon 0.8191

Evento pluviometrico
Durata dell'evento [ore]
Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

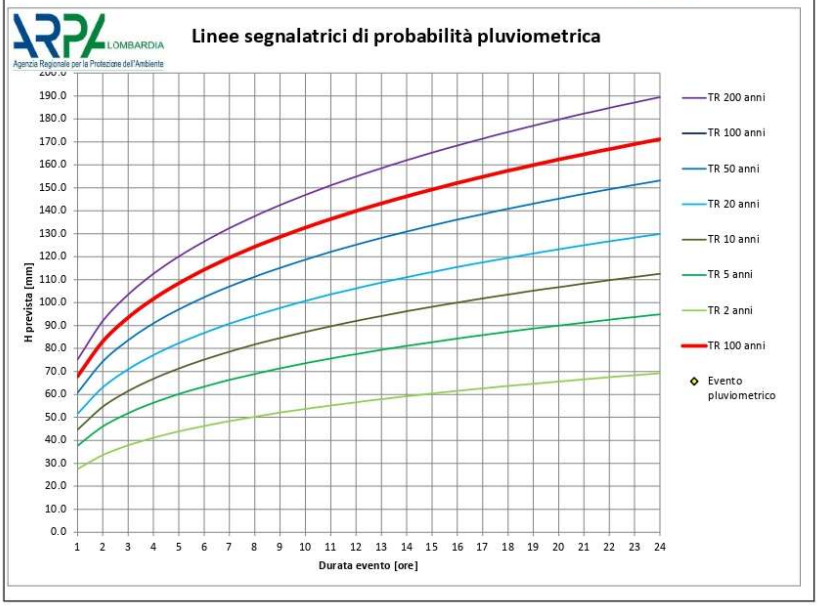
$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\left\{1 - \left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k\right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:
http://idro.arpalombardia.it/manual/Ispp.pdf
http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0.92717	1.27114	1.50724	1.74017	2.05137	2.29196	2.53816	2.29196453
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 100 anni
1	27.5	37.6	44.6	51.5	60.7	67.9	75.2	67.8650696
2	33.6	46.1	54.6	63.0	74.3	83.0	92.0	83.0321011
3	37.8	51.8	61.4	70.9	83.6	93.4	103.5	93.4304809
4	41.1	56.3	66.8	77.1	90.9	101.6	112.5	101.588783
5	43.9	60.1	71.3	82.3	97.0	108.4	120.0	108.404315
6	46.2	63.4	75.2	86.8	102.3	114.3	126.6	114.311076
7	48.4	66.3	78.6	90.8	107.0	119.6	132.4	119.555574
8	50.3	68.9	81.7	94.4	111.2	124.3	137.6	124.292661
9	52.0	71.3	84.6	97.7	115.1	128.6	142.4	128.626623
10	53.7	73.6	87.2	100.7	118.7	132.6	146.9	132.631383
11	55.2	75.6	89.7	103.5	122.0	136.4	151.0	136.361437
12	56.6	77.6	92.0	106.2	125.2	139.9	154.9	139.858234
13	57.9	79.4	94.1	108.7	128.1	143.2	158.5	143.154108
14	59.2	81.1	96.2	111.1	130.9	146.3	162.0	146.274815
15	60.4	82.8	98.1	113.3	133.6	149.2	165.3	149.241242
16	61.5	84.3	100.0	115.5	136.1	152.1	168.4	152.070584
17	62.6	85.8	101.8	117.5	138.5	154.8	171.4	154.777182
18	63.7	87.3	103.5	119.5	140.9	157.4	174.3	157.373136
19	64.7	88.7	105.1	121.4	143.1	159.9	177.0	159.868756
20	65.6	90.0	106.7	123.2	145.2	162.3	179.7	162.272911
21	66.6	91.3	108.2	125.0	147.3	164.6	182.3	164.593285
22	67.5	92.5	109.7	126.7	149.3	166.8	184.8	166.836588
23	68.4	93.7	111.1	128.3	151.3	169.0	187.2	169.008715
24	69.2	94.9	112.5	129.9	153.2	171.1	189.5	171.114877



8. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo dei requisiti minimi
- metodo analitico di dettaglio

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.
Tra tutti questi metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra tutti i valori calcolati.

8.1. Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A: w_{min} = 800 [m^3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B: w_{min} = 500 [m^3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C: w_{min} = 400 [m^3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

Tali volumi sono da adottare anche nel caso d'interventi classificati a impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli fosse minore.
Ulteriormente, il progetto prevede di ottemperare ai requisiti di invarianza mediante il solo utilizzo di strutture di infiltrazione, quindi il requisito minimo di cui sopra è ridotto del 30 per cento. I calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione saranno basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F di cui al R.R. 7/2017 e s.m.i.

8.2. Metodo analitico di dettaglio

Il metodo analitico di dettaglio prevede di calcolare in modo analitico la curva della portata entrante nell'accumulo, minuto per minuto, l'altezza idrica nell'invaso e la contestuale portata uscente o infiltrata, per un evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.
Noto il volume invasato istante per istante, si calcola il relativo valore massimo, che rappresenta il volume minimo che l'accumulo deve possedere al fine di garantire il vincolo di invarianza ed il rispetto della portata scaricata, per detto evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.
La durata dell'evento meteorico ritenuto critico viene riportato nel report dei calcoli.

Per quanto attiene alla portata entrante nel serbatoio essa viene calcolata, mediante il modello cinematico, come somma delle portate generate dalle singole aree.

L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

- calcolo ietogramma di pioggia di progetto lorda mediante lo ietogramma Chicago;
- depurazione delle piogge e calcolo dello ietogramma netto;
- calcolo dell'idrogramma in ingresso all'accumulo come somma degli idrogrammi generati dalla singola area;
- calcolo del bilancio del serbatoio e del battente idrico al suo interno minuto per minuto;
- calcolo del volume invasato e dell'idrogramma in uscita dall'invaso;
- calcolo del volume minimo di laminazione come valore massimo del volume invasato.

Ietogramma di pioggia di progetto

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco.
Il calcolo dell'altezza di precipitazione h [mm], in funzione del tempo t [ore], viene calcolato con le seguenti.

$$h(t) = r \cdot a \left[\left(\frac{t_r}{r} \right)^n - \left(\frac{t_r - t}{r} \right)^n \right] \qquad per \;\; t \leq t_r$$

$$h(t) = r \cdot a \cdot \left(\frac{t_r}{r} \right)^n + a \cdot (1 - r) \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - r} \right)^n \qquad per \;\; t_r < t \leq t_p$$

Dove:

- h [mm]: altezza di precipitazione
- a [mm/ora]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
- n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
- r [-]: coefficiente di posizione del picco di precipitazione rispetto alla durata della pioggia
- t [ore]: generico istante di calcolo
- tp [ore]: durata della precipitazione
- tr [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a tp r

Per durate superiori alla durata della precipitazione tp esso rimane costante.

I parametri a ed n adottati sono quelli che fanno riferimento alla durata della precipitazione di progetto.
Il range di applicazione del coefficiente di posizione risulta 0 r 1. La sua posizione all'interno della durata complessiva θ dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre r=0,4 valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Sulla base di tali formule l'intensità di precipitazione i [mm/h], al generico istante t [ore], viene calcolato con la seguente.

$$i(t) = \frac{h(t) - h(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

i [mm/ora]: intensità di precipitazione
Δt [ore]: passo di calcolo dell'intensità di precipitazione posto pari a 1 min.

Ietogramma di pioggia netto

Lo ietogramma di pioggia netto viene calcolato mediante il metodo percentuale, esso risulta essere, pertanto, dato dalla seguente formula:

$$i_n(t) = \varphi \cdot i(t)$$

Dove:

- i_n [mm/ora]: intensità di pioggia netta
- i [mm/ora]: intensità di pioggia lorda
- φ [-]: coefficiente di afflusso

Idrogramma in ingresso all'invaso

L'idrogramma in ingresso all'invaso viene calcolato come somma degli idrogrammi delle singole aree. Nello specifico si adotta il modello cinematico, ipotizzando una curva area tempi lineare.
Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017 suggerisce di utilizzare come modello afflussi-deflussi per il calcolo dell'idrogramma in ingresso all'invaso il metodo della corrivazione.
Le equazioni generali di riferimento sono, in forma discretizzata, le seguenti.

$$\begin{cases} q_k = \sum_{j=1}^{k} p_j \cdot IUH_{k-j+1} \cdot \Delta t \\ p_j = \frac{2{,}78}{1000} \cdot i_{n,j} \cdot A \\ IUH_{k-j+1} = \frac{1}{A} \cdot \frac{A_{k-j+1}}{\Delta t} \end{cases}$$

In cui:

- q_k [m^3/s]: portata all'istante di tempo t = k · Δt
- p_j [m^3/s]: volume di pioggia netta all'istante di tempo t = j · Δt
- $i_{n,j}$ [mm/ora]: intensità di pioggia netta all'istante di tempo t = j · Δt
- Δt [ore]: intervallo di tempo considerato, pari ad 1 minuto
- IUH_{k-j+1} [-]: idrogramma istantaneo unitario all'istante di tempo t = (k - j +1) · Δt
- A_{k-j+1} [ha]: porzione di bacino alla sezione di chiusura all'istante di tempo t = (k - j +1) · Δt
- A [ha]: area totale dell'intervento

In mancanza d'indicazioni specifiche, si consideri la curva aree-tempi lineare, caso particolare per cui l'idrogramma istantaneo unitario (IUH) risulta costante nel tempo e pari:

$$IUH_{k-j+1} = \frac{1}{t_c}$$

t_c [ore]: tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c, nelle reti di drenaggio urbano può essere calcolato come:

$$t_c = t_e + \frac{t_r}{1{,}5}$$

In cui:

- t_e [ore]: tempo di entrata in rete
- t_r [ore]: tempo di rete del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di calcolo
- 1,5: coefficiente di taratura

Il tempo di rete t_r si può calcolare come, il valore massimo di percorrenza di tutti i percorsi possibili:

$$t_r = max_j \left\{ \sum_l \frac{L_{i,j}}{V_{r,i,j}} \right\}$$

Dove:

- j [-]: j-esimo percorso possibile lungo la rete fino alla sezione di calcolo considerata
- i [-]: i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso
- L_{ij} [m]: lunghezza dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso
- V_{rij} [m/s]: velocità a pieno riempimento dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

La velocità a pieno riempimento V_r si può calcolare utilizzando l'equazione di Chezy-Strickler:

$$V_r = k_s \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

- R [m]: raggio idraulico, che per condotte circolari risulta pari a: R = D/4
- D [m]: diametro interno della condotta
- i [-]: pendenza della condotta
- k_s [$m^{1/3}/s$]: coefficiente di scabrezza della condotta di Strikler

Per piccole superfici, quali tetti e cortili interni, il tempo di corrivazione è generalmente molto piccolo e può essere assunto pari al tempo di ingresso in rete, per cui in assenza di dati specifici relativi al caso in esame, possono essere presi a riferimento i valori in tabella seguente.

Valori proposti in letteratura per la stima del tempo di entrata in rete

Tipi di bacini	**t_e [min]**
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 ÷ 7
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie meno frequenti	7 ÷ 10
Aree residenziali di tipo intensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10 ÷ 15

Il tempo di base dell'idrogramma di piena t_b si calcola come $t_b = \theta + t_c$, *dove* θ è la durata della precipitazione.

9. CALCOLO PROCESSO DI LAMINAZIONE

Nell'intervento in oggetto, la quantità di acque meteoriche raccolta dalle superfici impermeabili concorre per intero al processo di laminazione.
Per lo smaltimento delle acque meteoriche come su riportato, è prevista la raccolta delle acque in quattro sistemi di laminazione e successivamente lo scarico in corpo idrico superficiale.
La ripartizione delle superfici prevede che:

- l'acqua raccolta da una superficie pari a 4491 m² venga raccolta nella vasca di laminazione prevista a Est del sito;
- l'acqua raccolta da una superficie pari a 14349 m² venga raccolta nella vasca di laminazione prevista a Nord-Ovest del sito;
- l'acqua raccolta da una superficie pari a 18642 m² venga raccolta nella vasca di laminazione prevista a Sud-Ovest del sito;
- l'acqua raccolta da una superficie pari a 20545 m² venga raccolta nella vasca di laminazione prevista a Sud del sito;

9.1. Portata in uscita dall'invaso

La portata in uscita dagli invasi di laminazione può essere scaricata attraverso un sistema di scarico a portata costante, adottando la seguente legge di efflusso:

$$Q_u = cost$$

Nel caso in esame, la portata massima scaricabile autorizzata per corpo idrico ricettore, nello specifico il Torrente Molgora, risulta pari a 15 l/s. Nell'ottica di migliorare la rete esistente e mantenere un calcolo più cautelativo che tenda a non sovraccaricare il sistema, si è previsto di considerare come valore massimo di portata 12 l/s.
Pertanto, in funzione della superficie di influenza, viene calcolata la portata uscente da ciascuna vasca di laminazione in progetto.
Le portate massime ottenute risultano:

- Vasca Est: Qu=0,90 l/s;
- Vasca Nord-Ovest: Qu=2,69 l/s;
- Vasca Sud-Ovest: Qu=3,91 l/s;
- Vasca Sud: Qu= 4,49 l/s.

9.2. Calcolo del volume di invaso

Il calcolo del volume invasato dal sistema di laminazione viene descritto dall'equazioni di continuità seguente.

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

Dove:

- Q_e *[m³/s]:* portata in ingresso all'invaso;
- Q_u *[m³/s]:* portata in uscita dall'invaso, scaricata o infiltrata;
- W *[m³]:* volume invasato;
- t *[s]:* tempo.

Dove il volume invasato W, in ipotesi di forma prismatica, è dato dalla seguente relazione.

$$W = W[H(t)] = A_{inv} \cdot H(t)$$

- H *[m]:* battente idrico all'interno dell'invaso;
- A_{inv} *[m²]:* area di base dell'invaso.

Q_u è la legge di efflusso dell'invaso che dipende dal battente idrico H, come descritto nel paragrafo precedente.

$$Q_u = Q_u\big(H(t)\big)$$

Q_e è la portata in ingresso all'invaso relativa al tempo di ritorno di progetto ed alla durata critica di progetto.
Risolvendo numericamente l'equazione di continuità è possibile definire istante per istante l'altezza del battente idrico, il volume invasato e la portata scaricata o infiltrata.
Il volume minimo che deve avere l'invaso W_0 è dato dal massimo valore di tutti i volumi d'acqua invasati in tutti gli intervalli di tempo i-esimi.

$$W_0 = max_i(W_i)$$

10. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

La portata massima scaricata viene calcolata in base alle formule precedenti avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.
Per i metodi semplificati il battente idrico massimo H si calcola con la seguente relazione:

$$H = \frac{W}{A_{inv}}$$

Dove:

- W *[m³]:* volume invasato;
- A_{inv} *[m²]:* area in pianta dell'invaso.

Per il metodo analitico il battente idrico viene calcolato come il massimo di tutti i tiranti idrici all'interno dell'invaso durante l'evento di piena.

11. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento Tsv [s] viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf} + Q_u}$$

- *W [m^3]:* volume invasato massimo;
- *Q_{inf} [m^3/s]:* portata infiltrata;
- *Q_u [m^3/s]:* portata scaricata.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

12. DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Nel caso in esame, considerando una superficie scolante pari a 58.027 m² e una portata di scarico autorizzata dal ricettore pari a 12 l/s, per il calcolo dei volumi totale di invaso delle vasche di laminazione si è proceduto con la metodologia descritta di seguito:

1) In riferimento alla normativa vigente sono stati considerati i volumi derivanti dall'applicazione dei requisiti minimi, in quanto risultano dimensionanti rispetto a quelli derivante dal calcolo attraverso la procedura dettagliata applicata;
2) Le portate massime scaricabili da ogni vasca di laminazione sono state calcolate pesando la portata massima garantita (pari a 12 l/s) attraverso le aree impermeabili gravanti su ogni vasca. Le portate di scarico risultano essere le seguenti:
    - Vasca Est: Qu=0,90 l/s;
    - Vasca Nord-Ovest: Qu=2,69 l/s;
    - Vasca Sud-Ovest: Qu=3,91 l/s;
    - Vasca Sud: Qu= 4,49 l/s.
3) Considerando le portate massime scaricabili da ogni invaso non risulta possibile svuotare le vasche entro le 48 ore successive all'evento meteorico di progetto. Pertanto, al fine di garantire un volume utile per almeno due eventi consecutivi in un arco temporale inferiore alle 48 ore, il volume totale di ogni vasca di laminazione è stato calcolato sommando il volume minimo derivante dalla normativa al volume che non può essere scaricato in 48 ore considerando le portate sopra riportate.

I volumi totali minimi di laminazione, ottenuti per ciascuna vasca, in riferimento ai criteri descritti precedentemente risultano:

- **Vasca Est: V=434 m^3;**
- **Vasca Nord-Ovest: V=1292 m^3;**
- **Vasca Sud-Ovest: V=1878 m^3;**
- **Vasca Sud: V=2158 m^3.**

I calcoli effettuati sono riportati nell'ALLEGATO A.

13. CRITERI PROGETTUALI RETI FOGNARIE

13.1. Schema reti fognarie

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un edificio adibito a "Data Center", piazzali per l'alloggiamento dei macchinari, edifici accessori secondari, strade interne, aree a parcheggi e aree a verde.

Le reti di fognatura saranno di tipo separato, le acque di scarico raccolta saranno:

- acque reflue provenienti dai servizi igienici per il personale;
- acque provenienti dalle condense degli impianti;
- meteoriche raccolte dalle coperture dell'edificio principale;
- meteoriche raccolte dalle pavimentazioni del piazzale, della strada e dal parcheggio;

Nell'insediamento oggetto della presenta relazione, trattandosi di data center, non sarà espletata alcuna attività di produzione e non vi sarà la creazione di rifiuti nocivi, tuttavia in riferimento al R.R 4/2006- Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, le aree di stazionamento dei mezzi per il rifornimento del diesel, possono essere assimilate alle aree definite dall'art.3 comma d) del presente regolamento.
Pertanto, si prevede l'installazione di n.4 vasche di prima pioggia con recapito in rete fognaria pubblica. Esse saranno dimensioniate in conformità a quanto indicato nell'art.57 del SII e lo scarico verrà attivato 96 ore dopo il termine dell'ultima precipitazione atmosferica del medesimo evento meteorico, alla portata di 1 l/s per ettaro di superficie scolante drenata. Le vasche destinate a contenere le acque di prima pioggia saranno dotate di sistema di alimentazione realizzato in modo da escludere le vasche stesse a riempimento avvenuto.

Nel dettaglio, le reti fognarie in progetto saranno:

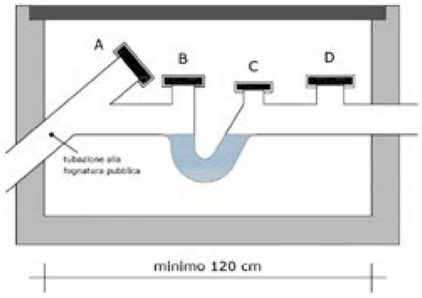
- rete per le acque nere provenienti da tutti i servizi igienici dell'edificio. Trattandosi solo di scarichi derivanti da servizi igienici, ai sensi del Regolamento regionale n. 6/2019, le acque nere sono assimilate alle acque reflue domestiche;
- rete per lo scarico delle condense dei macchinari.
- rete per l'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dalle coperture, tali acque saranno convogliate in serbatoi interrati per permettere il successivo riutilizzo per l'irrigazione delle aree verdi, la pulizia dei piazzali ed eventualmente l'utilizzo negli scarichi dei wc;
- rete per l'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dalla viabilità interna;
- rete per l'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dalle aree di stazionamento.

RETE ACQUE NERE

Le acque nere saranno recapitate nella condotta della pubblica fognatura ubicata a sud-ovest dell'insediamento. Prima dell'immissione dovrà essere posato un pozzetto di campionamento e un pozzetto di ispezione, braga sifone.

La camera di ispezione tipo Braga-Sifone avrà le caratteristiche riportate nella figura sottostante.

CAMERETTA DI ISPEZIONE
TIPO BRAGA-SIFONE-ISPEZIONE (BSI)



A ispezione del tronco in sede stradale
B sifone intercettatore
C predisposizione per condotto di ventilazione secondaria
D ispezione del tronco in proprietà privata

RETE ACQUE METEORICHE

Tutte le reti di raccolta dell'acqua meteorica saranno soggette ad Invarianza idraulica.

Le acque provenienti dai piazzali e dalla viabilità interna, prima di confluire nella vasca di laminazione, saranno convogliate tramite canalette e caditoie, in appositi separatori olio/benzina in continuo con anteposto dissabbiatore.

Mentre le acque di prima pioggia provenienti dalle aree di stazionamento saranno convogliate in apposite vasche di prima pioggia con funzionamento in discontinuo e scarico nella pubblica fognatura.

Le acque di seconda pioggia di tali aree verranno anch'esse convogliate nelle vasche di laminazione.

Per ogni rete saranno previsti pozzetti di ispezione in presenza di un cambio di diametro, di direzione, di una confluenza e in corrispondenza della sezione iniziale di tutti i tronchi.

Le caditoie saranno posizionate assumendo un'area di competenza contenuta entro i 400 m² e una distanza massima tra due caditoie successive non superiore a 20m.

Tutte le reti di raccolta delle acque meteoriche avranno un grado di riempimento delle tubazioni pari a 75% e velocità minime pari a 0,7 m/s per evitare fenomeni di deposito e massime inferiori a 4-5 m/s per evitare fenomeni di erosione.

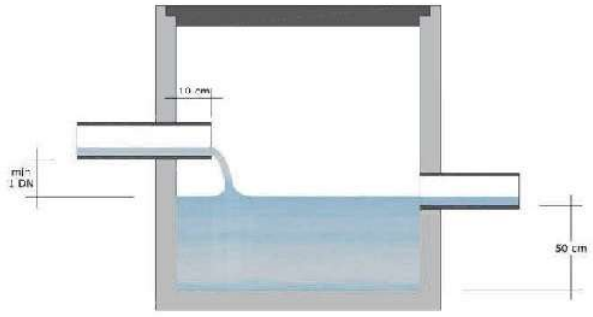
Le tubazioni per la raccolta delle acque meteoriche saranno in PEAD, conformi alla norma UNI EN 13476-1 tipo B, con connessioni a manicotto o a bicchiere; per la raccolta delle acque nere saranno in PEAD, conformi alla norma UNI EN 1401.

Le reti saranno posate sfalsate planimetricamente e altimetricamente in modo da evitare al minimo le interferenze. I chiusini dei pozzetti di ispezione e le griglie saranno di tipo carrabile D400.

Il pozzetto di campionamento presente in corrispondenza di ogni immissione in pubblica fognatura o in corso d'acqua dovrà avere le caratteristiche indicate dall'ente gestore e riportate nella figura sottostante.

ALLEGATO 3
AL REGOLAMENTO DEL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

POZZETTO DI CAMPIONAMENTO



dimensioni interne del pozzetto almeno 50x50 cm
consultare il gestore in caso di impossibilità
a rispettare i salti di fondo indicati

Dalla vasca di laminazione, attraverso una stazione di sollevamento le acque potranno essere scaricate nel recapito esistente (previa autorizzazione).

Per la realizzazione delle vasche di laminazione verranno utilizzati dei sistemi well-point al fine dell'abbassamento della falda fino alla quota di posa delle vasche.
La portata complessiva, stimata, emunta dal sistema durante la fase realizzativa è pari a 8,3-11,1 l/s.
Tale portata sarà convogliata nel Torrente Molgora.

14. PIANO DI MANUTENZIONE

Al fine di mantenere sempre efficienti le opere relative all'invarianza idraulica, di seguito si riporta "Il piano di manutenzione" come previsto all'art. 13 del Regolamento.
Le opere relative all'invarianza idraulica comprendono: il sistema di drenaggio delle acque pluviali, il sistema di raccolta delle acque provenienti dai piazzali e dalla viabilità.
Gli interventi di manutenzione previsti si possono così riassumere:

Fognature: camerette, pozzetti con chiusini grigliati e non, tubi, canaline:

- pulizia delle caditoie, delle canalette e delle camerette in prossimità di eventi meteo stagionali;
- pulizia e spurgo delle condotte annuale, in caso di lunghi periodi di siccità ogni sei mesi;
- rifacimento sigillature, ripristini, sostituzioni di parti mancanti annuale;

Disoleatori:

- pulizia filtri con cadenza mensile;
- controllo del battente oleoso con cadenza mensile;
- spurgo quando segnalato dal sistema;
- verifica ogni 6 mesi della funzionalità delle parti elettriche e di segnalazione di troppo pieno;

Pluviali:

- ispezione trimestrale;
- pulizia annuale della copertura, dei canali, sostituzione di parti ammalorate o mancanti;

Vasche di prima pioggia:

- ispezione e pulizia annuale;

Vasche di laminazione:

- ispezione e pulizia annuale;

Pompe sommerse:

- rotazione ciclica della pompa di riserva con cadenza mensile;
- eventuale taratura dei pressostati on cadenza mensile
- verifica efficienza contatti on cadenza mensile e loro sostituzione con cadenza annuale;
- controllo delle pressioni di esercizio prefissato con cadenza trimestrale.

ALLEGATO A – "Calcoli invarianza idraulica"

Nel progetto in esame verranno realizzate:

- Una vasca di laminazione a Est del fabbricato;
- Una vasca di laminazione a Nord-Ovest del fabbricato;
- Una vasca di laminazione a Sud-Ovest del fabbricato;
- Una vasca di laminazione a Sud del fabbricato.

Nel seguito vengono riportati i risultati ottenuti per le vasche in progetto.

VASCA DI LAMINAZIONE EST

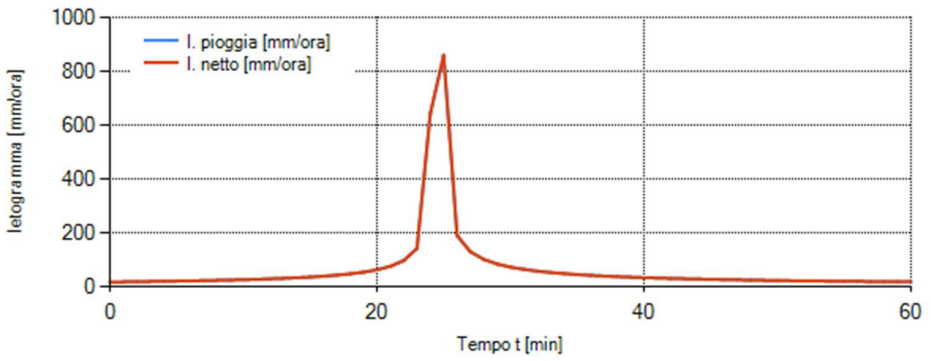
Definizione aree				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t_c [min]
Area copertura	Area impermeabile	3340.0	1.00	6
Area verde	Area permeabile	1151.0	0.30	6

La superficie totale dell'intervento risulta pari a 4491 m^2 con coefficiente di afflusso medio ponderale pari a $\varphi_{m=}$ 0,82.

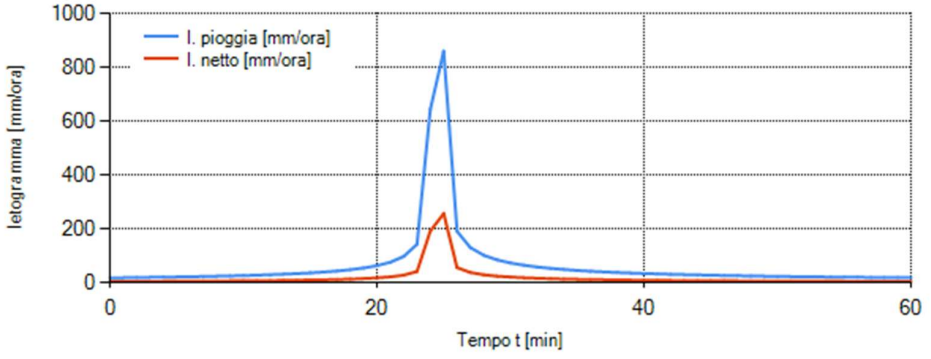
Gli ietogrammi di pioggia ottenuti per la tipologia di aree di intervento sono:

Definizione ietogramma di pioggia		
Durata pioggia di progetto (θ)	1.00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Ietogramma di pioggia - Copertura



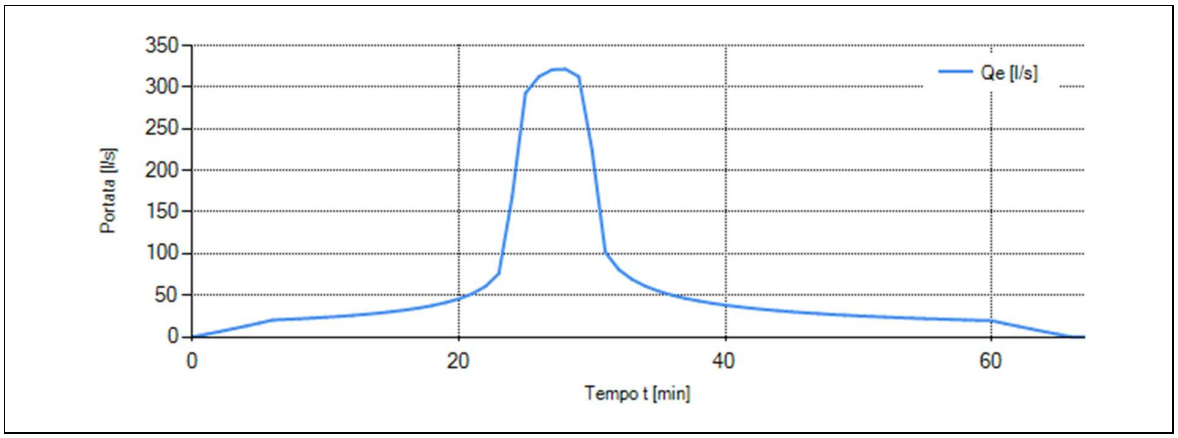
Ietogramma di pioggia -Verde



Gli idrogrammi di piena ottenuti per le singole aree sono:

Area copertura			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		3340.0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	1.00	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

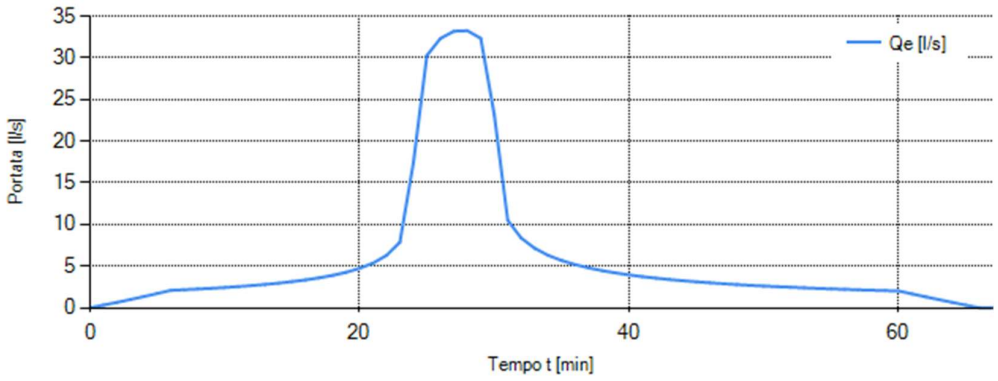
Grafico



Risultati tabellari										
Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	16.57	23.56	25.80	27.13	28.63	30.36	32.38	34.76	37.63
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	41.18	45.72	51.84	60.78	76.14	168.38	292.94	312.69	321.09	321.79
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**
Portata Q_e [l/s]	312.83	224.46	101.50	81.02	69.11	60.96	54.90	50.17	46.34	43.17
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	40.48	38.17	36.16	34.39	32.82	31.41	30.15	28.99	27.95	26.98
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	25.28	21.96	19.54	3.09						

Area verde			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		1151.0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	0.30	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	1.71	2.44	2.67	2.80	2.96	3.14	3.35	3.59	3.89
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	4.26	4.73	5.36	6.28	7.87	17.41	30.29	32.33	33.20	33.27
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**
Portata Q_e [l/s]	32.34	23.21	10.49	8.38	7.14	6.30	5.67	5.19	4.79	4.46
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	4.18	3.95	3.74	3.56	3.39	3.25	3.12	3.00	2.89	2.79
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	2.61	2.27	2.02	0.32						

I volumi di invaso, applicando la normativa vigente sono:

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	800.00	m^3/ha_{imp}
Volume invaso minimo	W_0	294.83	m^3

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1.00	ore
Volume invaso minimo	W	235.95	m^3
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

Da cui il volume minimo, da normativa, per la vasca risulta pari a **294,83 m³**.
Essendo la portata massima scaricabile nel recapito esistente, pari a 12 l/s, la portata uscente dalla vasca Est è stata calcolata in riferimento alla superficie di influenza e risulta pari a **0,90 l/s**.
Considerando la possibilità che si verifichino due eventi di pioggia di progetto consecutivi, il volume totale è stato calcolato come:

Vtot= Vvasca+(Vasca-Vsvuotato)

Vasca	Aimp [mq]	Coeff. Aff	V vasca [mc]	Q_out [l/s]	T svuot. [ore]	V svutotato [mc]	V tot [mc]
EST	4491	0.82	294.83	0.90	48.00	156	434

VASCA DI LAMINAZIONE NORD-OVEST

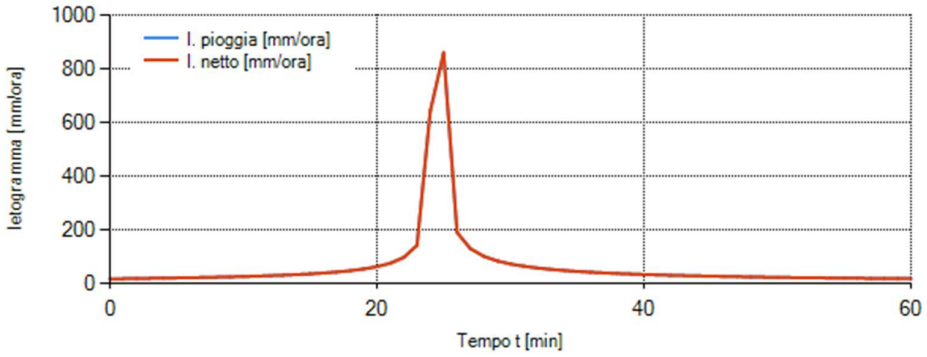
Definizione area				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t_c [min]
Area copertura	Area impermeabile	3464.9	1.00	6
Area strade	Area impermeabile	6074.0	1.00	6
Area verde	Area permeabile	4810.0	0.30	6

La superficie totale dell'intervento risulta pari a 14348.9 m^2 con coefficiente di afflusso medio ponderale pari a $\varphi_{m=}$ 0,77.

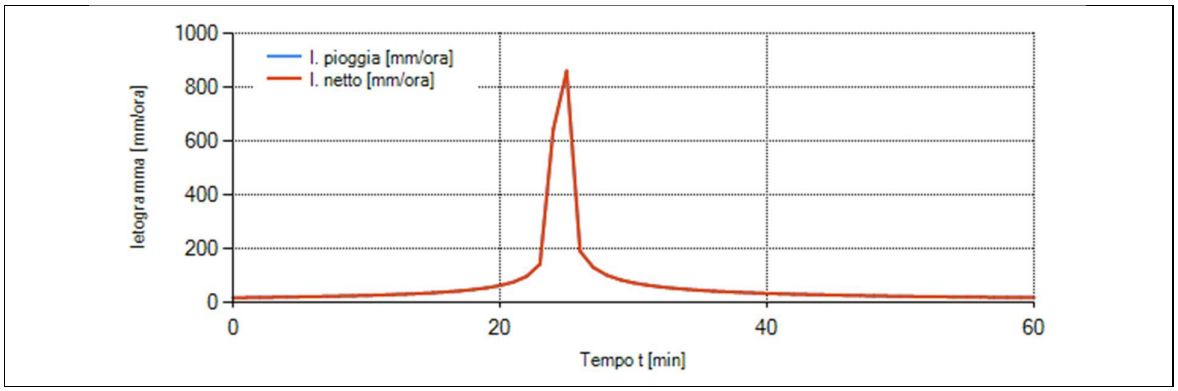
Gli ietogrammi di pioggia ottenuti per la tipologia di aree di intervento sono:

Definizione ietogramma di pioggia		
Durata pioggia di progetto (θ)	1.00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

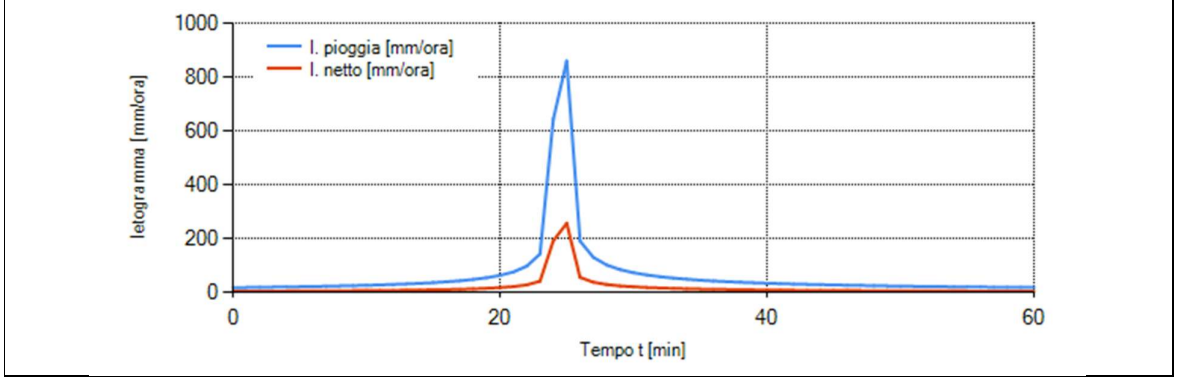
Ietogramma di pioggia - Copertura



Ietogramma di pioggia -Strada



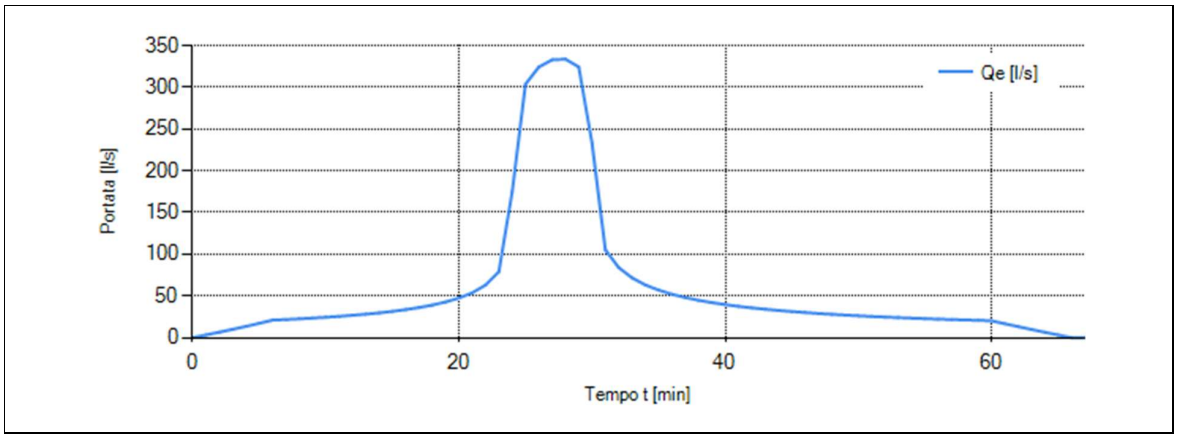
Ietogramma di pioggia -Verde



Gli idrogrammi di piena ottenuti per le singole aree sono:

Area copertura			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		3464.9	m²
Coefficiente di afflusso	φ	1.00	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

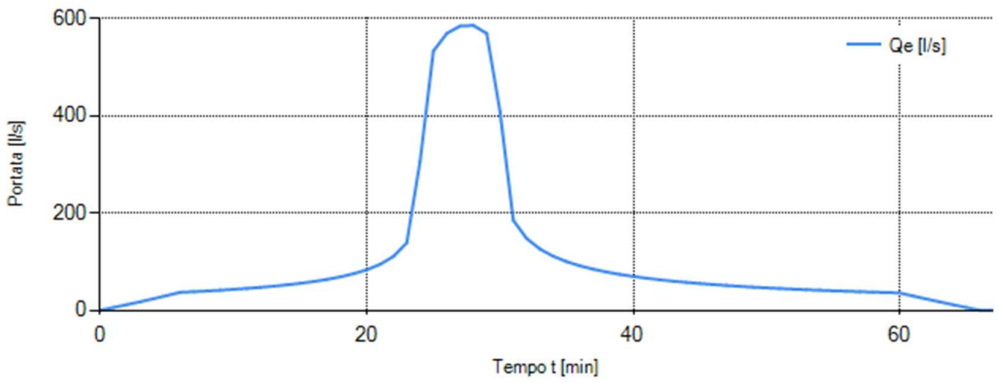
Grafico



Risultati tabellari										
Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	17.19	24.45	26.76	28.14	29.70	31.50	33.59	36.06	39.04
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	42.72	47.43	53.78	63.05	78.99	174.68	303.90	324.38	333.10	333.82
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**
Portata Q_e [l/s]	324.53	232.86	105.30	84.05	71.70	63.24	56.95	52.04	48.07	44.78
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	41.99	39.60	37.51	35.68	34.05	32.59	31.27	30.08	28.99	27.99
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	26.22	22.79	20.27	3.20						

Area strade			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		6074.0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	1	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico

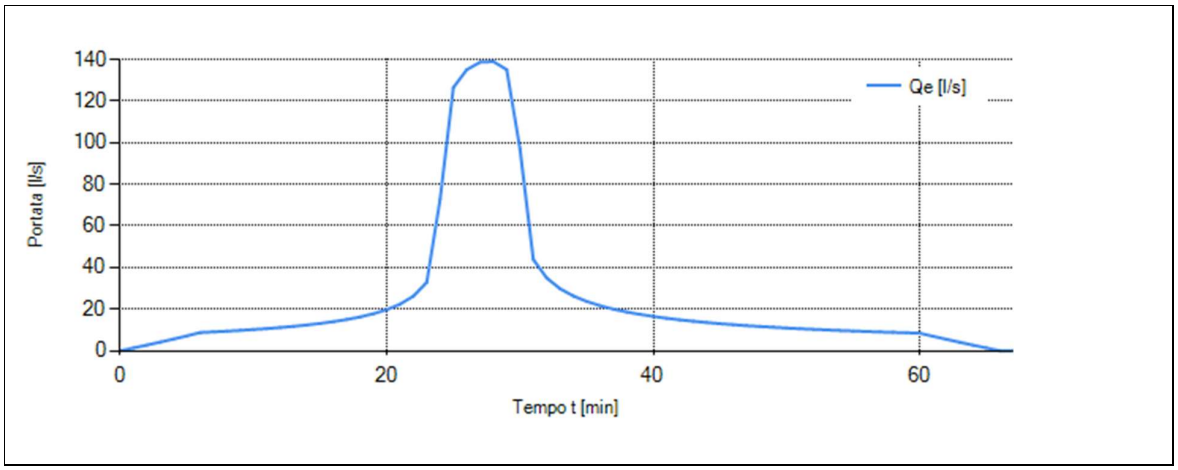


Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	30.13	42.85	46.92	49.33	52.07	55.22	58.88	63.21	68.43
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	74.89	83.15	94.28	110.53	138.47	306.22	532.74	568.64	583.92	585.20
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**
Portata Q_e [l/s]	568.91	408.20	184.59	147.34	125.69	110.85	99.84	91.23	84.27	78.50
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	73.62	69.42	65.76	62.54	59.69	57.13	54.82	52.73	50.82	49.07
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	45.97	39.94	35.53	5.61						

Area verde			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		4810.0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	0.3	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico



Risultati tabellari										
Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	7.16	10.18	11.15	11.72	12.37	13.12	13.99	15.02	16.26
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	17.80	19.76	22.40	26.26	32.90	72.75	126.56	135.09	138.72	139.03
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**
Portata Q_e [l/s]	135.16	96.98	43.85	35.00	29.86	26.33	23.71	21.67	20.02	18.65
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	17.49	16.49	15.62	14.86	14.18	13.57	13.02	12.52	12.07	11.66
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	10.92	9.49	8.44	1.33						

I volumi di invaso, applicando la normativa vigente sono:

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	800.00	m^3/ha_{imp}
Volume invaso minimo	W_0	878.50	m^3

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1.00	ore
Volume invaso minimo	W	703.12	m^3
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

Da cui il volume minimo, da normativa, per la vasca risulta pari a **878,50 m³**.
Essendo la portata massima scaricabile nel recapito esistente, pari a 12 l/s, la portata uscente dalla vasca Est è stata calcolata in riferimento alla superficie di influenza e risulta pari a **2,69l/s**.
Considerando la possibilità che si verifichino due eventi di pioggia di progetto consecutivi, il volume totale è stato calcolato come:

Vtot= Vvasca+(Vasca-Vsvuotato)

Vasca	Aimp [mq]	Coeff. Aff	V vasca [mc]	Q_out [l/s]	T svuot. [ore]	V svutotato [mc]	V tot [mc]
NORD-OVEST	14348.9	0.77	878.50	2.69	48.00	465	1292

VASCA DI LAMINAZIONE SUD-OVEST

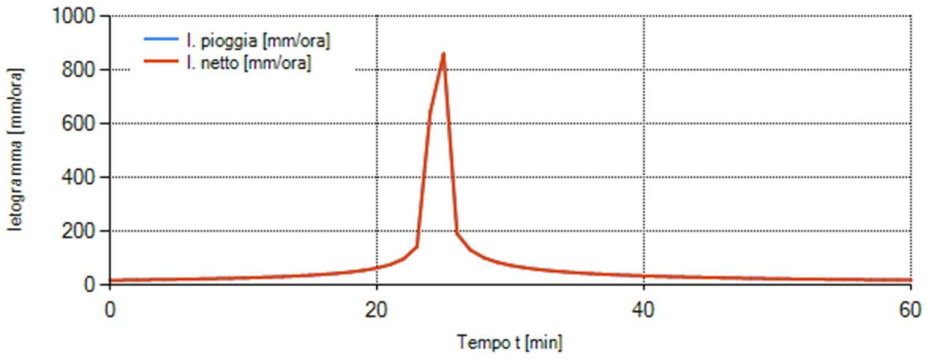
Definizione area				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t_c [min]
Area copertura	Area impermeabile	3887.6	1.00	6
Area strade	Area impermeabile	10380.0	1.00	6
Aree marciapiedi	Area semi-impermeabile	947.0	0.70	6
Area verde	Area permeabile	3427.0	0.30	6

La superficie totale dell'intervento risulta pari a 18641.6 m^2 con coefficiente di afflusso medio ponderale pari a $\varphi_{m=}$ 0,86.

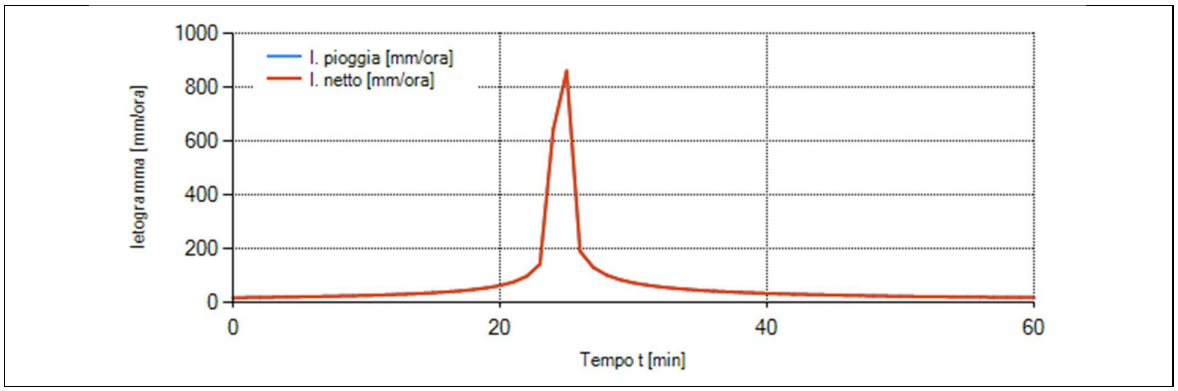
Gli ietogrammi di pioggia ottenuti per la tipologia di aree di intervento sono:

Definizione ietogramma di pioggia		
Durata pioggia di progetto (θ)	1.00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

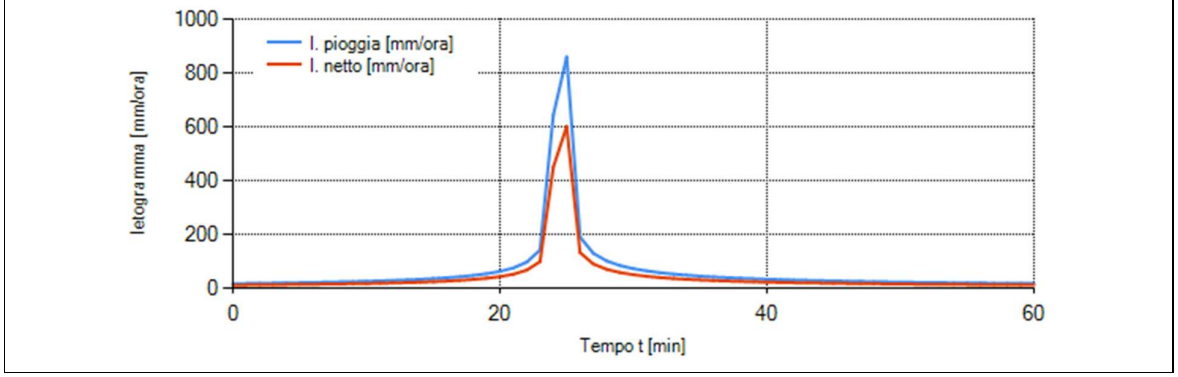
Ietogramma di pioggia - Copertura



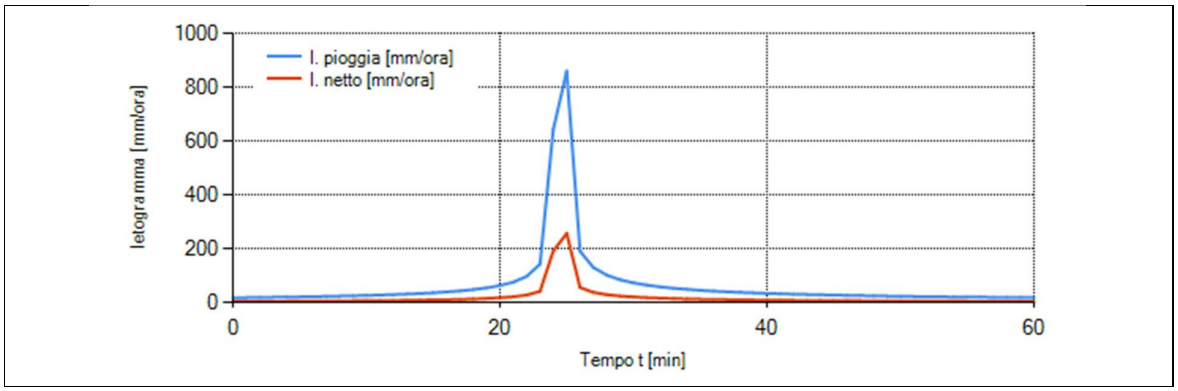
Ietogramma di pioggia -Strada



Ietogramma di pioggia -Marciapiedi



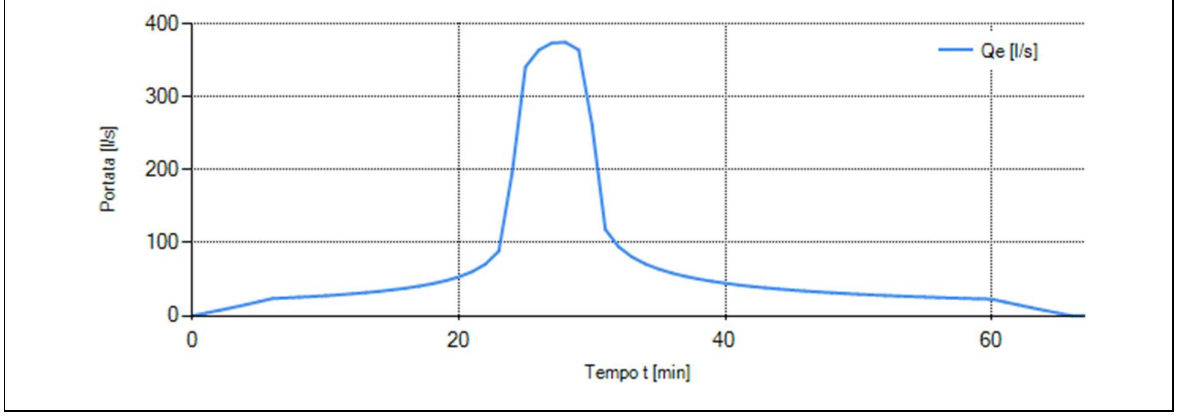
Ietogramma di pioggia -Verde



Gli idrogrammi di piena ottenuti per le singole aree sono:

Area copertura			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		3887.6	m²
Coefficiente di afflusso	φ	1.00	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico

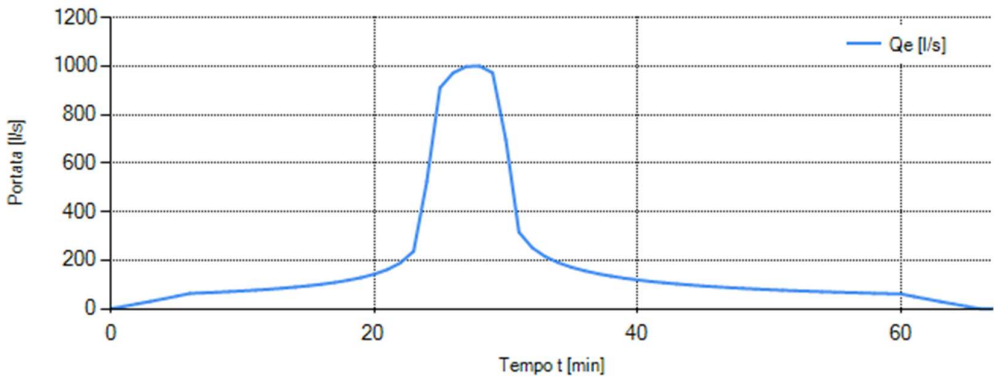


Risultati tabellari										
Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	19.28	27.43	30.03	31.57	33.33	35.34	37.69	40.46	43.80
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	47.93	53.22	60.34	70.74	88.63	195.99	340.97	363.95	373.73	374.55
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**

Portata Q_e [l/s]	364.12	261.26	118.14	94.30	80.44	70.95	63.90	58.39	53.94	50.24
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	47.12	44.43	42.09	40.03	38.20	36.57	35.09	33.75	32.53	31.41
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	29.42	25.57	22.74	3.59						

Area strade			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		10380.0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	1	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico



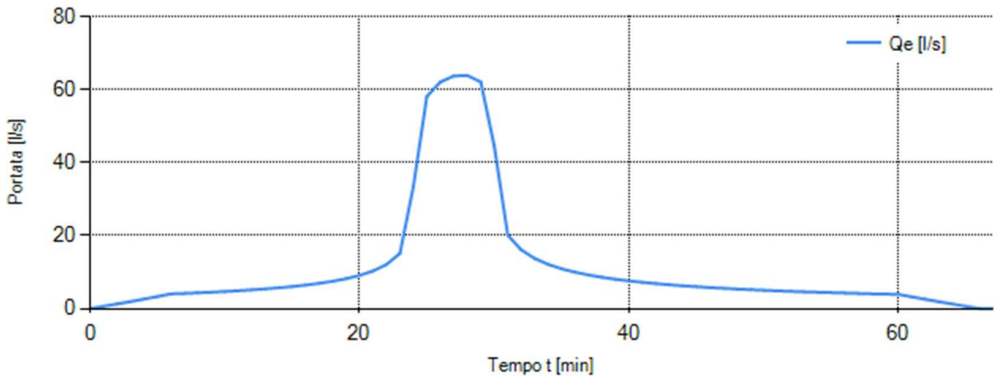
Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	51.48	73.23	80.18	84.30	88.98	94.37	100.62	108.02	116.95
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	127.98	142.10	161.12	188.88	236.63	523.30	910.41	971.77	997.87	1000.06
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**

Portata Q_e [l/s]	972.22	697.58	315.44	251.80	214.79	189.44	170.61	155.91	144.01	134.15
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	125.80	118.63	112.38	106.88	102.00	97.63	93.69	90.11	86.85	83.86
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	78.56	68.26	60.71	9.59						

Area marciapiedi			
Tipo area		Area semi-impermeabile	
Superficie		947.0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	0.7	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico



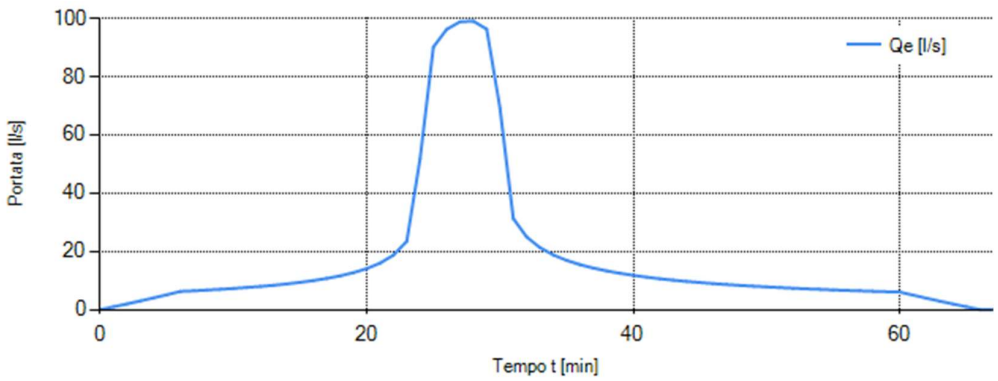
Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	3.29	4.68	5.12	5.38	5.68	6.03	6.43	6.90	7.47
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	8.17	9.08	10.29	12.06	15.11	33.42	58.14	62.06	63.73	63.87
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**
Portata Q_e [l/s]	62.09	44.55	20.15	16.08	13.72	12.10	10.90	9.96	9.20	8.57

Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Portata Q_e [l/s]	8.03	7.58	7.18	6.83	6.51	6.24	5.98	5.75	5.55	5.36
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	5.02	4.36	3.88	0.61						

Area verde			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		3427.0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	0.3	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	5	10	12	13	14	15	16	17	18
Portata Q_e [l/s]	0.00	5.10	7.25	7.94	8.35	8.81	9.35	9.97	10.70	11.59
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	12.68	14.08	15.96	18.71	23.44	51.83	90.17	96.25	98.84	99.05
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**
Portata Q_e [l/s]	96.29	69.09	31.24	24.94	21.27	18.76	16.90	15.44	14.26	13.29
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**

Portata Q_e [l/s]	12.46	11.75	11.13	10.59	10.10	9.67	9.28	8.92	8.60	8.31
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	7.78	6.76	6.01	0.95						

I volumi di invaso, applicando la normativa vigente sono:

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	800.00	m^3/ha_{imp}
Volume invaso minimo	W_0	1276.73	m^3

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1.00	ore
Volume invaso minimo	W	1021.76	m^3
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

Da cui il volume minimo, da normativa, per la vasca risulta pari a **1276,73**.
Essendo la portata massima scaricabile nel recapito esistente, pari a 12 l/s, la portata uscente dalla vasca Est è stata calcolata in riferimento alla superficie di influenza e risulta pari a **3,91 l/s**.
Considerando la possibilità che si verifichino due eventi di pioggia di progetto consecutivi, il volume totale è stato calcolato come:

Vtot= Vvasca+(Vasca-Vsvuotato)

Vasca	Aimp [mq]	Coeff. Aff	V vasca [mc]	Q_out [l/s]	T svuot. [ore]	V svutotato [mc]	V tot [mc]
SUD-OVEST	18641.6	0.86	1276.73	3.91	48.00	676	1878

VASCA DI LAMINAZIONE SUD

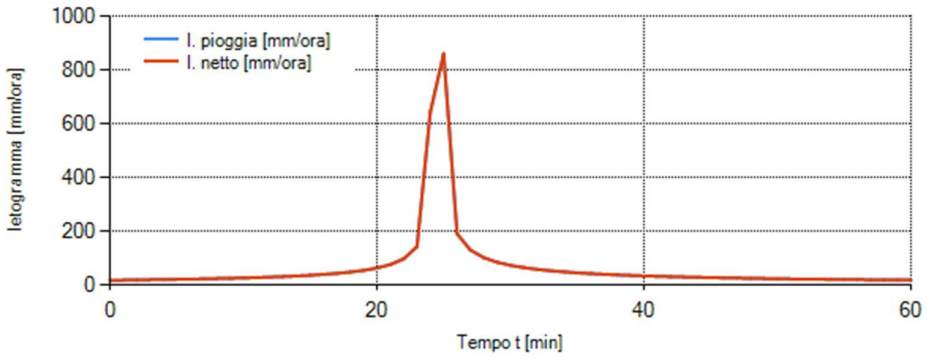
Definizione area				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t_c [min]
Area copertura	Area impermeabile	5068.0	1.00	6
Area strade	Area impermeabile	11882.5	1.00	6
Aree marciapiedi	Area semi-impermeabile	782.5	0.70	6
Area verde	Area permeabile	2812.0	0.30	6

La superficie totale dell'intervento risulta pari a 20545 m^2 con coefficiente di afflusso medio ponderale pari a $\varphi_{m=}$ 0,89.

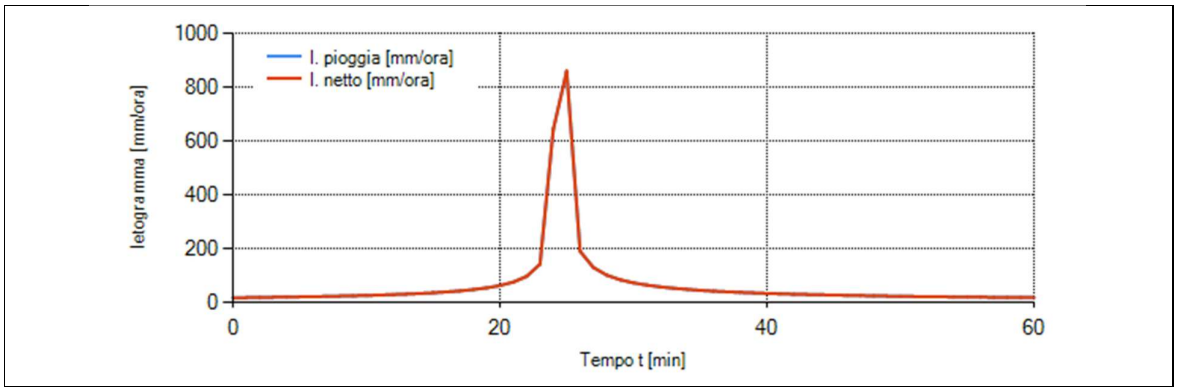
Gli ietogrammi di pioggia ottenuti per la tipologia di aree di intervento sono:

Definizione ietogramma di pioggia		
Durata pioggia di progetto (θ)	1.00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

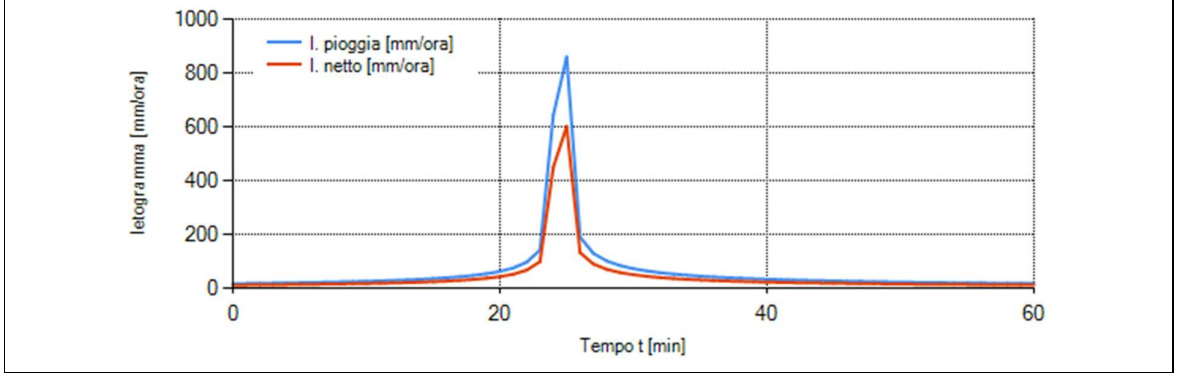
Ietogramma di pioggia - Copertura



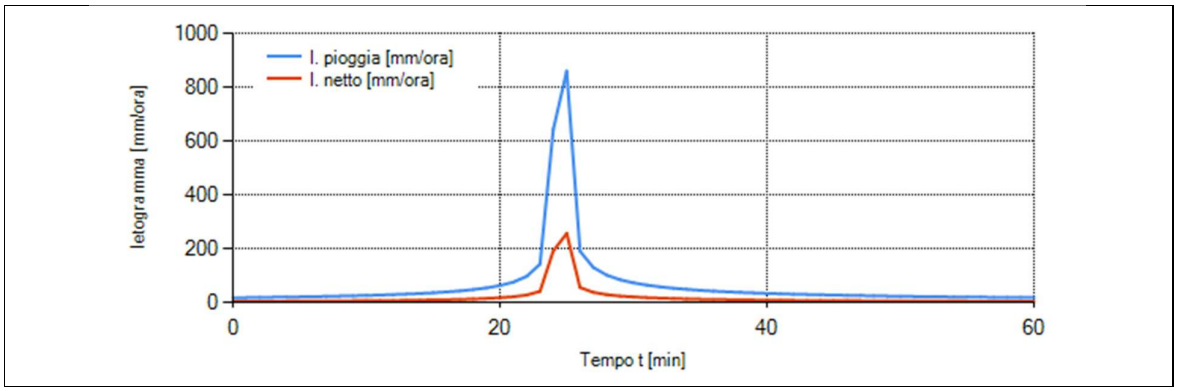
Ietogramma di pioggia -Strada



Ietogramma di pioggia -Marciapiedi



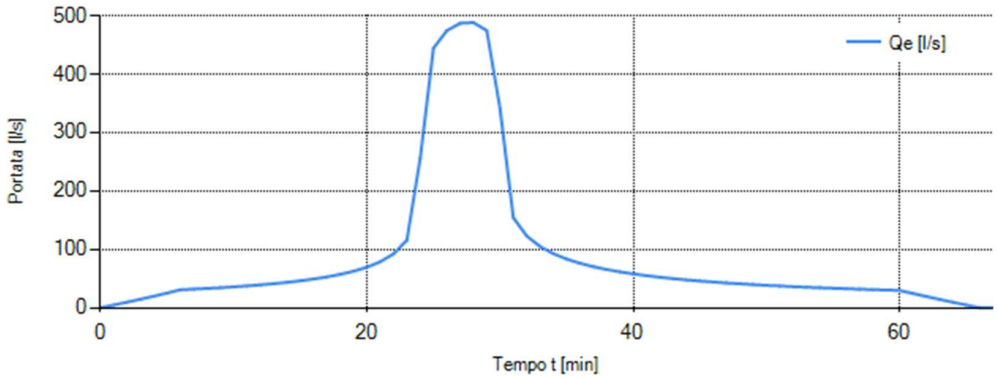
Ietogramma di pioggia -Verde



Gli idrogrammi di piena ottenuti per le singole aree sono:

Area copertura			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		5068.0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	1.00	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico

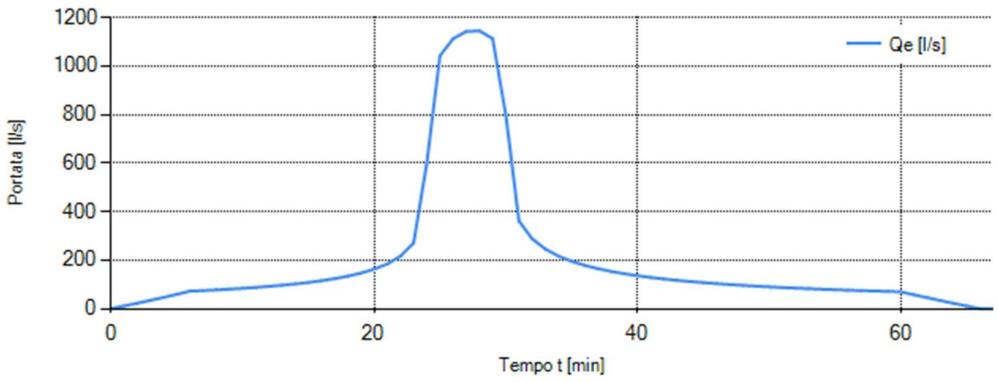


Risultati tabellari										
Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	25.14	35.76	39.15	41.16	43.45	46.07	49.13	52.74	57.10
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**

Portata Q_e [l/s]	62.48	69.38	78.67	92.22	115.53	255.50	444.50	474.46	487.21	488.27
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**
Portata Q_e [l/s]	474.68	340.59	154.01	122.94	104.87	92.49	83.30	76.12	70.31	65.50
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	61.42	57.92	54.87	52.19	49.80	47.67	45.74	44.00	42.40	40.94
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	38.36	33.33	29.64	4.68						

Area strade			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		11882.5	m²
Coefficiente di afflusso	φ	1	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico

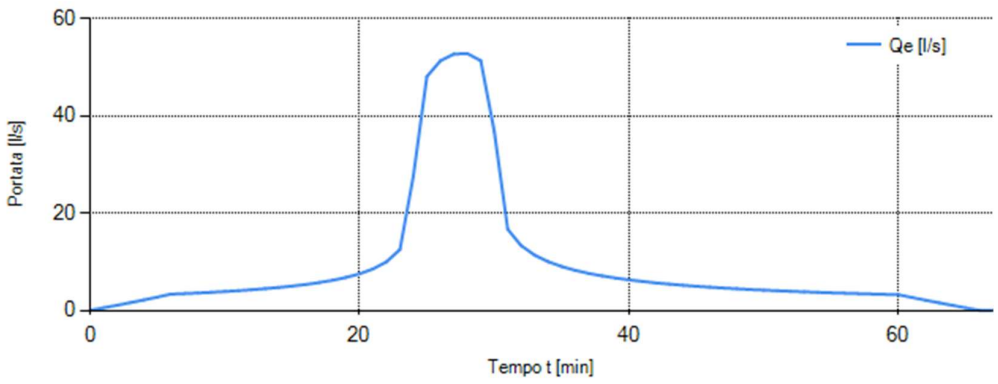


Risultati tabellari										
Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	58.94	83.83	91.78	96.50	101.86	108.02	115.19	123.66	133.87
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	146.50	162.67	184.44	216.23	270.88	599.05	1042.19	1112.43	1142.32	1144.81

Tempo [min]	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Portata Q_e [l/s]	1112.94	798.56	361.10	288.24	245.88	216.86	195.31	178.47	164.86	153.57
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	144.01	135.80	128.65	122.36	116.77	111.76	107.25	103.15	99.42	95.99
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	89.93	78.14	69.50	10.98						

Area marciapiedi			
Tipo area		Area semi-impermeabile	
Superficie		782.5	m²
Coefficiente di afflusso	φ	0.7	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico

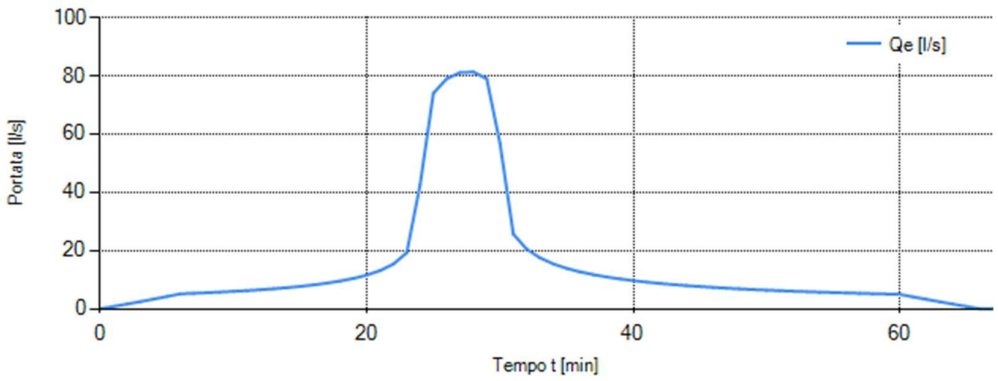


Risultati tabellari										
Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	2.72	3.86	4.23	4.45	4.70	4.98	5.31	5.70	6.17
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	6.75	7.50	8.50	9.97	12.49	27.61	48.04	51.28	52.66	52.77
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**

Portata Q_e [l/s]	51.30	36.81	16.65	13.29	11.33	10.00	9.00	8.23	7.60	7.08
Tempo [min]	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Portata Q_e [l/s]	6.64	6.26	5.93	5.64	5.38	5.15	4.94	4.76	4.58	4.43
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	4.15	3.60	3.20	0.51						

Area verde			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		2812.0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	0.3	-
Tempo corrivazione	t_c	6	min

Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**5**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Portata Q_e [l/s]	0.00	4.18	5.95	6.52	6.85	7.23	7.67	8.18	8.78	9.51
Tempo [min]	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Portata Q_e [l/s]	10.40	11.55	13.10	15.35	19.23	42.53	73.99	78.98	81.10	81.28
Tempo [min]	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**
Portata Q_e [l/s]	79.01	56.69	25.64	20.46	17.45	15.39	13.86	12.67	11.70	10.90

Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Portata Q_e [l/s]	10.22	9.64	9.13	8.69	8.29	7.93	7.61	7.32	7.06	6.82
Tempo [min]	**50**	**55**	**60**	**65**						
Portata Q_e [l/s]	6.39	5.55	4.93	0.78						

I volumi di invaso, applicando la normativa vigente sono:

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	800.00	m^3/ha_{imp}
Volume invaso minimo	W_0	1467.41	m^3

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1.00	ore
Volume invaso minimo	W	1174.35	m^3
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

Da cui il volume minimo, da normativa, per la vasca risulta pari a **1467,41 m³**.
Essendo la portata massima scaricabile nel recapito esistente, pari a 12 l/s, la portata uscente dalla vasca Est è stata calcolata in riferimento alla superficie di influenza e risulta pari a **4,49 l/s**.
Considerando la possibilità che si verifichino due eventi di pioggia di progetto consecutivi, il volume totale è stato calcolato come:

Vtot= Vvasca+(Vasca-Vsvuotato)

Vasca	Aimp [mq]	Coeff. Aff	V vasca [mc]	Q_out [l/s]	T svuot. [ore]	V svutotato [mc]	V tot [mc]
SUD	20545	0.89	1467.41	4.49	48.00	777	2158